



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



⑪ Veröffentlichungsnummer: **0 510 408 A2**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

②¹ Anmeldenummer: 92105763.4

⑤ Int. Cl.⁵: **G01J 1/46**

② Anmeldetag: 03.04.92

③ Priorität: 23.04.91 DE 4113207

④ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.10.92 Patentblatt 92/44

84 Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(71) Anmelder: Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH
Theodor-Stern-Kai 1
W-6000 Frankfurt/Main 70(DE)

72 Erfinder: **Hofmann, Karl, Dr.**
Schwarzenbergstrasse 14
W-7900 Ulm(DE)
Erfinder: **Oelmaier, Reinhard, Dipl.-Ing.**
Erwin-Rommel-Strasse 11
W-7958 Laupheim(DE)

74 Vertreter: **Amersbach, Werner, Dipl.-Ing. et al**
Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH
Theodor-Stern-Kai 1
W-6000 Frankfurt 70(DE)

54 Photodetektoranordnung.

57) Für eine Photodetektoranordnung mit einer Mehrzahl von Detektorelementen und Integrationskondensatoren wird vorgeschlagen, mittels einer Kompensationsanordnung den Ladestrom der Integrationskondensatoren gegenüber dem Detektorstrom um ein vorgegebenes Maß zu verringern, z.B. mittels einer Kompensationsstromquelle und/oder einem Stromspiegel, und dadurch die Integrationszeit zu verlängern und das S/N-Verhältnis zu verbessern.

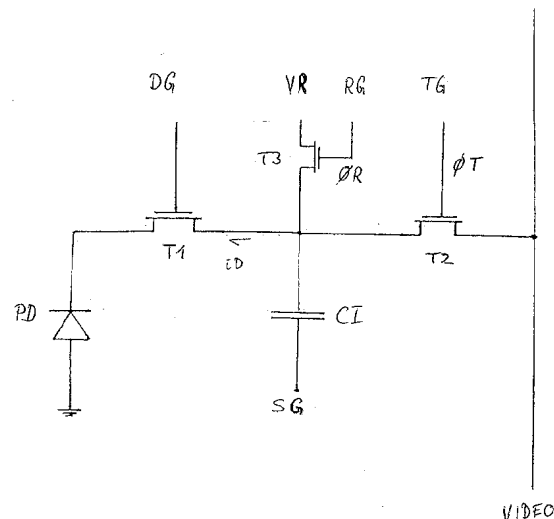


FIG. 1

EP 0 510 408 A2

Die Erfindung betrifft eine Photodetektoranordnung nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Derartige Photodetektoranordnungen sind allgemein auch als Photodetektorarrays bekannt.

Lineare oder 2-dim. Photodetektorarrays werden ausgelesen, indem die Detektorelemente an elektronische Schaltungen angekoppelt werden, die dafür sorgen, daß die Detektorsignale im Zeitmultiplexverfahren ausgelesen werden. Ausleseschaltungen die dafür geeignet sind, sind Charge-Coupled-Devices (CCDs) oder FET-switch Multiplexer Arrays. In diesen Schaltungen wird im allgemeinen für jedes einzelne Detektorelement eine individuelle Kopplungsschaltung benötigt.

Um ein möglichst hohes Signal-Rauschverhältnis (S/N) zu erreichen, ist anzustreben, daß die Kopplungsschaltung so ausgelegt wird, daß der Detektorstrom während der Zeit aufintegriert werden kann, die benötigt wird, um die Signale von allen Elementen des Arrays einmal auszulesen. In diesem Fall entspricht die Integrationszeit der sogenannten Frame Time. Für die Integration des Detektorstroms muß in der Kopplungsstruktur eine Kapazität vorgesehen werden. Diese bestimmt die maximale Ladung, die in der Kopplungsstruktur aufintegriert werden kann.

Speziell für Detektoren, die in einem 2-dim. Array angeordnet sind, ist die Fläche, die für den Integrationskondensator in der Kopplungsschaltung zur Verfügung steht begrenzt. Die Integrationskapazität, die proportional zur Fläche des Kondensators ist, kann deshalb nicht beliebig erhöht werden.

Bei Photodetektorarrays, die durch einen hohen Dunkelstrom gekennzeichnet sind, z.B. PV-CMT Arrays für den Spektralbereich von 8-12 μm , oder die im Betrieb einen hohen Hintergrundphotostrom liefern, wird deshalb die maximal erreichbare Integrationszeit durch die verfügbare Kapazität begrenzt. Um trotzdem ein möglichst hohes S/N zu erreichen muß dann die Frame-Time der Integrationszeit angepaßt werden. Die effektive Integrationszeit kann dann durch Mittelung der digitalisierten Daten wieder erhöht werden. Für großformatige Arrays (z.B. Arrays mit 256x256 Detektorelementen) führt dies zu sehr hohen Datenraten, die entsprechend hohe Anforderungen an ein nachfolgendes Signalverarbeitungssystem stellen. Häufig ist daher die Integrationszeit erheblich kürzer als die Frame-Time und das S/N entsprechend ungünstig.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Photodetektoranordnung dieser Art mit verbessertem Signal/Rausch-Verhältnis anzugeben.

Die Erfindung ist im Patentanspruch 1 beschrieben. Die Unteransprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung.

Durch die Verringerung des Ladestroms für

den Integrationskondensator kann entsprechend die Integrationszeit verlängert und können Rauschteile bereits vor dem Auslesen besser ausgemittelt werden. Je nach Anteil der einzelnen Detektorstrombeiträge Signalphotostrom, Hintergrundphotostrom und Dunkelstrom sind dabei die folgenden beiden bevorzugten Varianten einzeln oder gemeinsam eingesetzt von besonderem Vorteil:

1. Die Ankoppelstufe wird mit einer Kompensationsstromquelle versehen. Diese Stromquelle speist während der Integration permanent einen konstanten Strom in den Integrationskondensator, dessen Polarität dem Detektorstrom entgegengesetzt ist;

2. Zwischen dem Detektorelement und dem Integrationskondensator wird ein Stromspiegel angebracht, der bewirkt, daß der Strom, der in dem Integrationskondensator aufintegriert wird betragsmäßig um einen festen Faktor kleiner ist als der Detektorstrom.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Abbildungen noch eingehend veranschaulicht. Dabei zeigt:

FIG. 1 die Grundstruktur einer Kopplungsschaltung

FIG. 2 eine erste Ausführung der Erfindung

FIG. 3 eine zweite Ausführung der Erfindung.

Die in FIG. 1 skizzierte Kopplungsschaltung in MOS-Technologie basiert auf dem Prinzip der direkten Injektion. Ein Photodetektorelement PD ist über einen Transistor T1 mit einem Integrationskondensator CI verbindbar. Mittels dieses Transistors kann der Arbeitspunkt des Detektors eingestellt werden. Während eines Integrationszyklus ist durch Anlegen eines entsprechenden Potentials an das Detektorgate DG des Transistors T1 das Detektorelement PD mit dem Kondensator CI verbunden und es fließt ein Detektorstrom, der den Integrationskondensator auflädt (oder entlädt). Die Transistoren T2 und T3 sind gesperrt. Nach Abschluß des Integrationszyklus enthält die Ladung bzw. Spannung auf dem Integrationskondensator das über den Integrationszyklus integrierte Detektorsignal. Zum Auslesen des Detektorsignals wird bei unverändert gesperrtem Transistor T3 ein Transferimpuls ΦT auf das Transfergate TG des Transistors T2 gegeben und die im Integrationskondensator CI gespeicherte Ladung ganz oder teilweise auf die mehreren Elementen gemeinsame Videoausleseschaltung geleitet. Danach kann der nächste Integrationszyklus beginnen. Häufig wird in der Kopplungsstruktur ein weiterer Transistor T3 vorgesehen, über welchen zwischen dem Auslesen und dem nächsten Integrationszyklus während eines Rücksetz-Impulses ΦR am Reset-Gate RG dieses Transistors T3 der Integrationskondensator CI

auf ein definiertes Referenzpotential VR aufgeladen wird. Bei den nachfolgenden Erläuterungen von Ausführungsformen der Erfindung wird von der beschriebenen Kopplungsschaltung ausgegangen, ohne daß der Erfindungsgedanke darauf beschränkt sein soll. Andere bekannte Kopplungsschaltungen, beispielsweise nach dem Prinzip der Buffered Direct Injection, sind gleichermaßen geeignet.

Die in FIG. 2 skizzierte Ausführungsform der Erfindung ist bezüglich der Zahl und Anordnung der elektrischen Komponenten identisch mit der bekannten Anordnung nach FIG. 1. Wesentlich ist jedoch, daß der Transistor T3 durch Anlegen eines Kompensationspotentials COMP an das Transistorgate während des Integrationszyklus einen Kompensationsstrom i_C zum Integrationskondensator CI führt, der dem Detektorstrom i_D durch den Transistor T1 und das Detektorelement PD entgegengerichtet ist. Der Beitrag des Kompensationsstroms ist je nach Anwendungsfall und Einsatzbedingungen verschieden zu wählen und kann über das Gatepotential COMP festgelegt werden.

Der Einsatz einer derartigen durch T3 gebildeten Kompensationsstromquelle ist vor allem dann günstig, wenn das Photodetektorarray unter Bedingungen betrieben wird, bei denen der Hintergrundphotostrom, der nicht zum Signal beiträgt, wesentlich höher ist als der Signalstrom. Die Kompensationsstromquelle kann dann so eingestellt werden, daß nur der Hintergrundphotostrom kompensiert wird; d.h. es geht keine Information verloren. Im Prinzip steht damit die gesamte Kapazität CI als Ladungsspeicher zur Integration des Signalphotostroms zur Verfügung. Bei vorgegebener maximaler Kapazität, d.h. Fläche, die für CI zur Verfügung steht kann deshalb die Integrationszeit und damit das S/N erhöht werden.

In einem weiteren Anwendungsfall, wenn der Dunkelstrom der Detektorelemente höher ist als der Signalstrom, führt die Methode der Stromkompensation in ähnlicher Weise zu einer Verbesserung des S/N.

Ein weiterer Vorteil der Ausführungsform von FIG. 2 ist, daß die Kompensationsstromquelle nur einen Transistor in der Kopplungsstruktur benötigt. Dies ist wichtig bei Kopplungsstufen für 2-dim. Arrays mit geringen Abständen zwischen den Detektorelementen, da dann für die Kopplungsschaltung nur wenig Platz verfügbar ist. Vorzugsweise ist das Gatepotential von T3 veränderbar, so daß der Transistor T3 auch in der zu FIG. 1 beschriebenen Weise zum Rücksetzen des Integrationskondensators benutzt werden kann. Zu FIG. 2 ist dies durch zwei Gate-Zuleitungen zum Transistor T3 für das Potential COMP einerseits und den Rücksetz-Impuls Φ_R andererseits veranschaulicht. Im Regelfall kann für beide Steuersignale COMP und Φ_R

dieselbe Zuleitung dienen.

Werden in einem Array die Anschlüsse von T3 in allen Kopplungsstufen mit dem gleichen Potential COMP versorgt, so kann in allen Kopplungsstufen der gleiche Kompensationsstrom eingestellt werden.

Aus Gründen der Reduzierung des Eigenrauschens der Koppelschaltung ist es günstig, wenn das Potential COMP nicht in der Koppelschaltung, sondern vorzugsweise auf dem Chip der Ausleseschaltung erzeugt wird. Dazu kann eine entsprechende Schaltung auf den Chip integriert werden. Die Kompensationsstromquelle kann dann z.B. als ein Zweig eines Stromspiegels betrieben werden, dessen Steuerzweig in der Ausleseschaltung angeordnet ist und der die Kompensationsstromquelle zu einer Mehrzahl verschiedener Kopplungsschaltungen bzw. Detektorelemente umfaßt.

Wenn die Kompensationsstromquelle als Teil einer Stromspiegelschaltung ausgeführt wird, kann der Stromspiegel z.B. auch als kaskadierter Stromspiegel oder als Wilson Stromspiegel ausgelegt werden.

Die in FIG. 3 skizzierte Ausführungsform der Erfindung weist gegenüber der in FIG. 1 dargestellten bekannten Anordnung einen zwischen dem Detektorelement PD und den Integrationskondensator CI eingefügten und vom Detektorstrom i_D gesteuerten Stromspiegel mit an einem Versorgungspotential UDD liegenden Transistoren T4 und T5 auf. Der Stromspiegel wirkt als Stromteiler in der Weise, daß der durch T5 zum Integrationskondensator fließende Ladestrom i_L betragsmäßig in einem festen Verhältnis steht zum Detektorstrom i_D . Über das Verhältnis der geometrischen Abmessungen der beiden Transistoren kann das Stromteilverhältnis i_D/i_L festgelegt werden. Vorzugsweise liegt dieses Verhältnis zwischen 2 und 30. Der Ladestrom des Integrationskondensators ist also um einen vorgegebenen Faktor gegenüber dem Detektorstrom reduziert. Bei gegebener Integrationskapazität kann daher die Integrationszeit verlängert und das S/N-Verhältnis des integrierten Detektorsignals verbessert werden.

Der Stromspiegel wirkt auf alle Komponenten des Detektorstroms (Signalphotostrom, Hintergrundphotostrom, Dunkelstrom) in gleicher Weise. Besonders vorteilhaft ist die Anwendung eines solchen Stromspiegels daher, wenn der Signalphotostrom größer oder vergleichbar ist mit dem Hintergrundphotostrom und/oder dem Dunkelstrom ist und die Frame Time (aus Gründen der Signalverarbeitung) nicht verkürzt werden kann. Die Vergrößerung der Integrationszeit durch den Stromspiegel erlaubt es, das S/N zu verbessern, selbst dann, wenn das Rauschen nicht durch den Hintergrundphotostrom sondern durch das Rauschen im Signalphotostrom bestimmt wird. Beispielsweise bedeutet dies für

Infrarot-Detektorarrays, daß die Temperaturlö-
sung für Signale erhöht wird, die von "heißen"
Wärmequellen erzeugt werden.

Das in FIG. 2 skizzierte Prinzip der Kompensa-
tionsstromquelle und das in FIG. 3 skizzierte Prin-
zip des Stromspiegels können auch in einer Anord-
nung vereinigt sein, wozu beispielsweise in FIG. 3
lediglich zusätzlich eine Ansteuerung des Transi-
stors T3 durch ein Kompensationsstrom-Steuerpoten-
tial COMP wie in FIG. 2 vorzusehen ist. Die
Kompensationsstromquelle kann auch zwischen
Detektorelement und Stromspiegel vorgesehen
sein. Vorzugsweise ist die Kompensationsstrom-
quelle wahlweise aktiv oder inaktiv schaltbar.

Für Anwendungsfälle, in welchen sehr niedrige
Detektorströme zu verarbeiten sind, z.B. astron-
omische Untersuchungen, und sich während seines
Integrationszyklus im Integrationskondensator nur
eine geringe Ladungsweise sammelt und damit nur
geringe Spannungsänderungen zu detektieren sind,
kann eine Abwandlung der in FIG. 3 skizzierten
Anordnung mit einem Stromteilerfaktor kleiner 1,
d.h. der Ladestrom i_L ist größer als der Detektor-
strom i_D , vorgesehen sein. Dadurch können größe-
re Spannungsänderungen im Integrationskondensa-
tor bewirkt werden, was sich vorteilhaft auf die
weitere Signalverarbeitung in mit Eigenrauschen
behafteten Auswerteschaltungen auswirkt. Außer-
dem kann auf die Verwendung von Minimalstruktu-
ren für den Entwurf der Integrationskondensatoren
verzichtet werden.

Die Abwandlung des Stromspiegels zu einer
Stromverstärkung kann auch vorteilhaft verbunden
werden mit dem Einsatz einer Kompensations-
stromquelle, wenn einem hohen und annähernd
konstanten, durch Dunkelstrom und Hintergrund-
strom verursachten Gleichanteil in den Detektor-
strömen nur sehr kleine Signalphotoströme überla-
gert sind. In diesem Fall kann mittels der Kompen-
sationsstromquelle der Gleichanteil weitgehend
kompensiert und der Signalphotostromanteil ver-
stärkt werden. Der Kompensationsstrom kann dabei
auch einem langsam veränderlichen Gleichanteil
der Detektorströme nachgeführt werden.

Die schaltungstechnischen Details, wie z.B. die
geeignete Dimensionierung der im einzelnen auf-
tretenden Potentiale oder die teilweise erforderliche
komplementäre Ausführung von Transistoren
(CMOS), sind dem Fachmann vertraut und daher
nicht weiter ausgeführt.

Die Wirkung der beschriebenen Anordnungen
ist teilweise vergleichbar mit dem bekannten Ver-
fahren des "Skimming" und des "Partitioning", die
aber als zeitdiskrete Maßnahmen am Ende eines
Integrationszyklus eingesetzt werden und daher
das Problem der zu kurzen Integrationszeit nicht
lösen können. Skimming und Partitioning können
ggf. auch bei den erfindungsgemäßen Anordnun-

gen zusätzlich eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Photodetektoranordnung mit einer Mehrzahl
von Detektorelementen und Integrationskon-
densatoren, wobei während eines vorgegebenen
Integrationszyklus ein durch ein Detektor-
element fließender Detektorstrom eine Aufla-
dung des zugeordneten Integrationskondensa-
tors bewirkt, dadurch gekennzeichnet, daß eine
Kompensationsanordnung vorhanden ist, die
bewirkt, daß der den Integrationskondensator
(CI) aufladende Ladestrom um ein vorgegebenes
Maß geringer ist als der Detektorstrom des
zugeordneten Detektorelements (PD).
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Kompensationsanordnung
eine Kompensationsstromquelle aufweist, die
während des Integrationszyklus einen zu dem
Detektorstrom (i_D) entgegengesetzt polarisier-
ten Kompensationsstrom (i_C) in den Integra-
tionskondensator speist.
3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekenn-
zeichnet, daß der Betrag des Kompensations-
stroms veränderlich einstellbar ist.
4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekenn-
zeichnet, daß der Kompensationsstrom durch
einen Feldeffekt-Transistor fließt, über den vor
Beginn eines Integrationszyklus der Integra-
tionskondensator auf einen vorgebbaren Span-
nungswert aufladbar ist.
5. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Kompensationsanordnung ei-
nen Stromspiegel (T4, T5) aufweist, der von
dem Detektorstrom (i_D) gesteuert ist und einen
in vorgegebenem Verhältnis zu dem Detektor-
strom stehenden Ladestrom (i_L) erzeugt.
6. Anordnung nach Anspruch 5 und einem der
Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet,
daß der Kompensationsstrom dem Detektor-
strom oder vorzugsweise dem Ladestrom ent-
gegengerichtet polarisiert ist.
7. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Kompensationsstromquelle
abschaltbar ist.
8. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, daß das Teilungsver-
hältnis zwischen Ladestrom und Detektorstrom
zwischen 2 und 30 liegt.

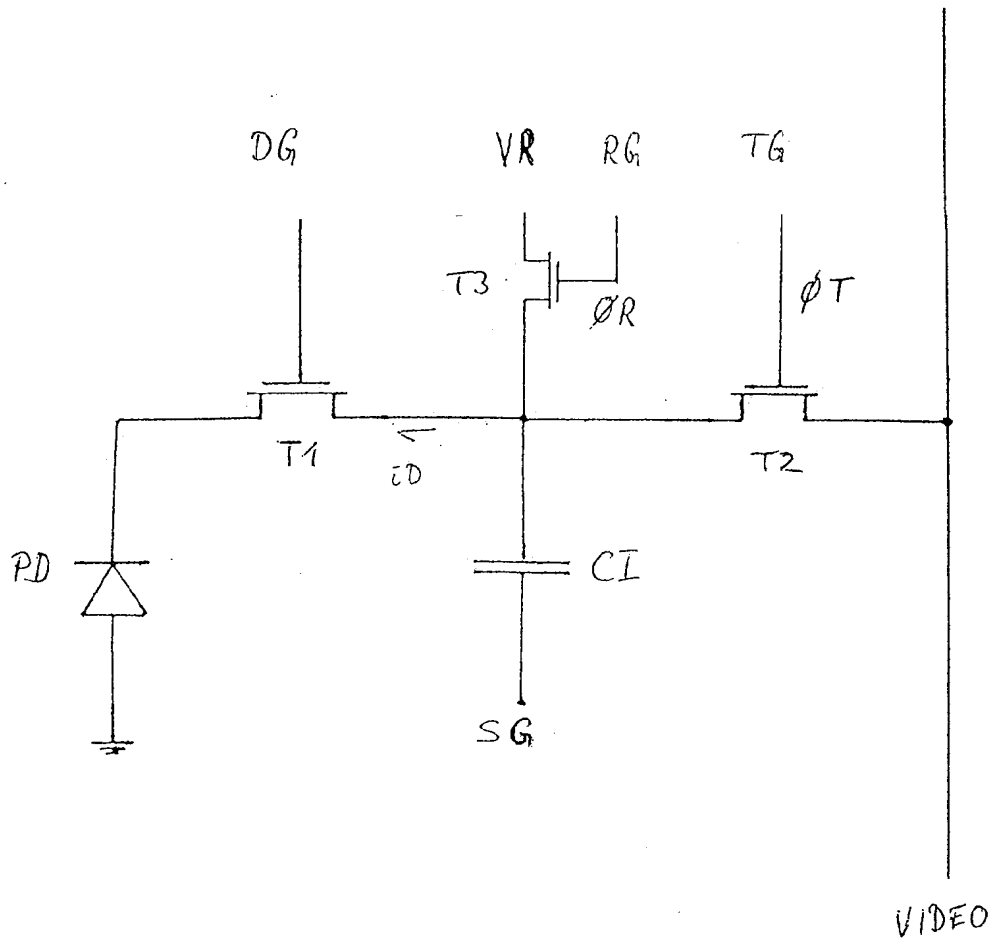


FIG. 1

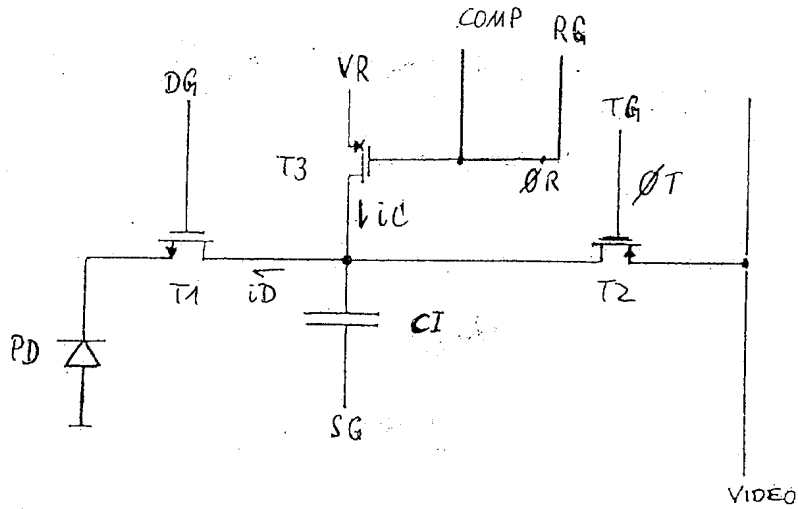


FIG. 2

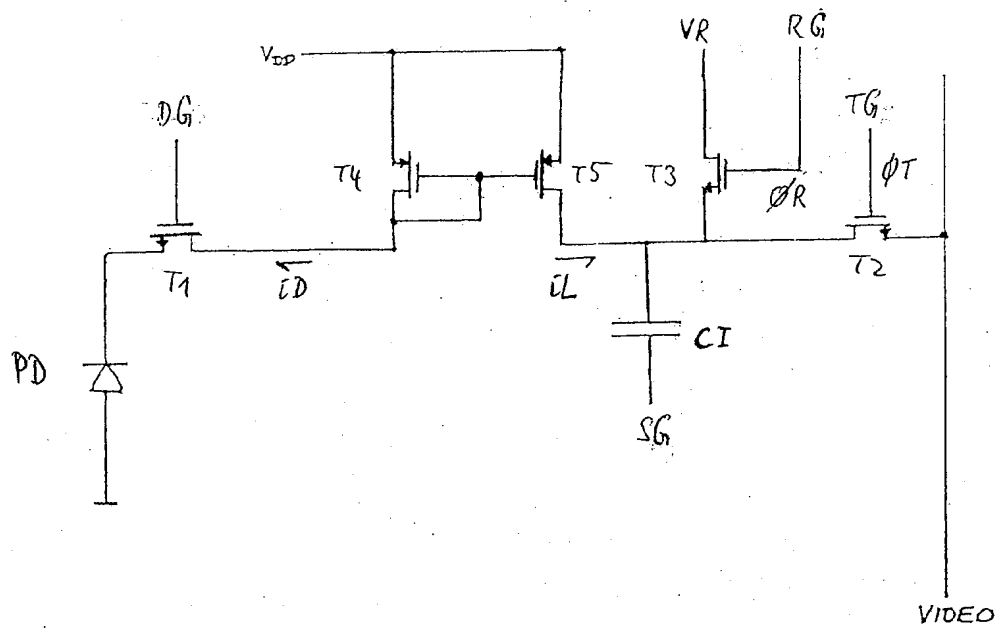


FIG. 3